

小黑菌核病菌のイネの穂への伝染経過

鈴木穂積*・山口富夫**

(*北陸農業試験場 **農業技術研究所)

北陸においては最近数年間いもち病の発生が少発にとどまっている反面、穂枯れ症の発生が増加する傾向にある。その関与菌が主として稲ごま葉枯病菌であることは他地域と同様であるが、小黑菌核病菌による場合がかなりあることは、特異な発生相として興味ある問題である。本菌は一般に菌核が伝染源となり、水際部の葉鞘や稈を侵し被害を生じるので、多くの研究はこの場面について行なわれてきた。これに対し、小黑菌核病菌による穂枯れ症については内海の発見記載があり、また茨木が本菌のミゴに対する病原性を確認しているが、発生生態についてはほとんど研究が行なわれていない。筆者らは1969年の発生実態と被害につき、先に本会報に報告したが、1970年には穂への伝染経過につき、二、三の知見を得たので報告する。

I 試験方法

自然下での伝染経過の調査は、北陸農試場内で昨年本菌による穂枯れ症が多発した水田を選び行なった。供試品種はハウネンワセで、施肥量は3要素をそれぞれ成分量で4 kg/10aである。この水田には回転捕集器、水平静置スライドを設置し孢子採集を6月から9月まで行なった。また高度2mの風速、降雨時刻についても調査した。

接種試験は1/5000aポットに品種ハウネンワセを栽植し、施肥量を3要素それぞれ0.3g/1ポットとした。接種孢子濃度はZeiss 15×10で1視野当り約20コである。使用孢子は中国農試式いもち菌孢子多量培養法に準じ、オートミール培地に菌を移植し、7～10日後に気中菌糸を洗い落とし、25～28°Cで、蛍光灯下に2日間おき形成させたものである。この方法は小黑菌核病菌の孢子多量形成法としてもっとも簡便である。

II 伝染経過と伝染源

穂部への伝染源としては水面に浮く菌核とそこに形成される孢子、穂体発病部位とそこに形成される孢子が考えられる。そこでこれらの伝染源としての価値について調査した。

1 菌核 水面に浮遊している菌核の穂体に付着している高さはどれくらいか知るために、6月18日に3.3m²当り30株、60株、120株の3栽植密度区で、水面からの

付着高度を調査したところ、各区とも最高10～11cmであり、この場合葉裏に付着していることが多い。しかし平均では3～4cmで葉節近くに付着しているものが多かった。このときの草高は約35cmであった。

2 穂体の部位別自然発病時期 穂体の部位別に自然発病はいつ頃から認められるかを知るために、6月から旬ごとに9月中旬まで調査した。発病の確認は葉・ミゴでは常法分離により、葉鞘では病徴観察によった。水面に接する下葉では6月上旬からときどき菌が分離された。しかし、中・上位葉ではミゴに発病の認められる8月下旬以降になってから分離される。葉鞘の水際部では8月中旬から発病し、止葉葉鞘などの上位葉鞘では8月下旬以降に発病を認めた。ミゴの発病も8月下旬以降になって認められた。

9月上旬から中旬の葉の発病状況を調査したところ、止葉、次葉、3葉、4葉の発病率はそれぞれ20, 81, 97, 99%で次葉以下の葉に発生が多い。病斑はごま葉枯病やいもち病の褐点型と見分けにくいので、一葉当り病斑数は正確にはわからないが、次葉で平均約70コが形成されていると考えられる。

葉鞘についても葉と同様に葉鞘位別に発病葉鞘率を調査したところ、止葉葉鞘、次葉葉鞘、3葉葉鞘、4葉葉鞘それぞれ9, 1, 96, 100%で、水際の3・4葉葉鞘は発病率が高くまた次葉葉鞘より止葉葉鞘の発病率が高い。このときのミゴの発病率は12%で、止葉葉鞘と同程度の発病率を示していた。

ミゴと葉鞘とに孢子あるいは菌核を同時に接種すると、ミゴより葉鞘の方が早く、容易に発病する。止葉葉鞘の病斑が、ミゴ発病の伝染源になっているかどうかを知るために、止葉葉鞘の発病の有無と、ミゴ発病の有無との関係について調査した。得られた結果は第1表に示すとおりである。

第1表 止葉葉鞘発病とミゴ発病との関係

| 葉鞘 発病の有無 | ミゴ発病 の有無 | 品 種 | | |
|-------------|-------------|----------|----------|----------|
| | | 北陸79号 | ハウネンワセ | 越路平生 |
| 発 病 | 発 病 全 | 13% 2 | 9% 5 | 4% 2 |
| 健 全 | 発 病 全 | 37 48 | 41 45 | 46 48 |

この表からわかるように、葉鞘が発病している事例は少なかつたが発病している場合にはミゴも大部分発病していた。また止葉葉鞘が発病している場合にミゴが葉鞘に包まれているか、いないかによってミゴの発病が異なるかどうかを調査したところ、ミゴの発病部位は葉節と接している付近でもっとも多く、葉節より上位あるいは葉鞘に包まれた部分の発病は少なかつた。

3 葉の病斑 小黒菌核病菌による葉の病徴についてはこれまで記載がないように思われた。そこで、接種によって病徴を観察したところ、次の3型が認められた。

①、大きさ1~2mm、茶褐色、中心に壊死点のある場合となない場合とがある。いもち・ごま葉枯病斑の褐点型に似ている。②、大きさ1~3mm、黒色、線~紡錘形、周辺不明瞭。③、大きさ1~2cm、中央灰褐色周辺黒色、紡錘型、葉鞘病斑に似ている。これらの中①型は稲の刈取期近くなってから上位葉が発病した場合や、6~7月水面に垂れている葉に認められる。②型は枯死寸前の下葉や6~7月に水面に浮いている葉に認められる。③は自然発病では現在のところ認められない。①、②型の病斑は一夜25°C 湿室に入れておくと多数の胞子が形成されるが、葉が枯死してしまうと、菌核が形成される。形成部位は維管束の肩の柔組織内である。菌核の大きさを他の部位に形成されたものとくらべてみると第2表に示すとおりである。

第2表 菌核の形成部位と大きさ

| 形成部位 | 長径(μ) | 短径(μ) |
|------|-------|-------|
| 葉 | 146.7 | 117.8 |
| みご | 220.6 | 168.4 |
| 稈 | 233.2 | 181.7 |
| 葉鞘 | 182.4 | 140.4 |

注：菌核300個の平均値

この表からわかるように、菌核の大きさは葉のものよりもっとも小さく、ついで葉鞘、ミゴで、稈がもっとも大きい。

4 胞子 回転捕集器を水田上高度1.3mに設置して、空中飛散胞子の年間消長について調査したところ、7月第1半旬になると飛散の確認ができた。しかし7月中の飛散数は少なく、採集数も不安定である。8月第2半旬からは飛散数が増加する。とくにミゴなどに発生の認められる9月第2半旬からは飛散数は多くなる。

8月第4半旬以前の穂枯れ症発生前に飛散している胞子の飛散源は、水面に浮く菌核、水際の葉鞘病斑ではないかと推定されたので、これらにおける胞子形成状態を調査した。まず直径5mmのガラス棒で水面に浮いてい

る菌核の周囲の水を一滴、スライド上に採集し、胞子の有無を検鏡によって調査した。検鏡は一調査日当り40滴について行なった。また葉鞘水際病斑の場合にはガラス棒で病斑面をこすり、そのガラス棒に滴下した水滴をスライド上にとり、胞子の有無を検鏡によって調査した。得られた結果は第3表に示すとおりである。

第3表 菌核浮上田面水、葉鞘病斑上における胞子形成状態

| 調査月日 | 水 面 | | 葉鞘水際 |
|-------|---------------------|---------------|------|
| | 全採集水滴に対する胞子検出水滴の割合% | 1滴中に含まれる平均胞子数 | |
| 6月10日 | 0% | 0 | |
| 20 | 0 | 0 | |
| 7月1日 | 2 | 1 | |
| 11 | 5 | 1 | - |
| 21 | 7 | 1 | ± |
| 29 | 20 | 1 | ± |
| 8月8日 | 70 | 2 | ± |
| 19 | 72 | 2 | ± |
| 28 | 75 | 1 | ± |

注：※40回採集
- 胞子形成なし
± 少しであるが形成を認めた

この表からわかるように、水田水中に胞子の存在が認められたのは7月1日からで、8月8日以降は検出頻度も増した。しかし、1滴中の胞子は1~2個で少ない。水際葉鞘病斑の場合は、7月21日以降から認められたが多くはなかつた。このように自然の水面の菌核に胞子がかかり形成され、形成時期と胞子の空中飛散消長とがほぼ一致することがわかった。これらの胞子が水田で高い位置にどのように飛散しているかを調べるために、胞子を水面、10、30、50、70、90cmの高度で採集し、気象条件との関係を調査した。得られた結果は第4表に示すとおりである。

第4表 胞子飛散と天候

| 天候 | 風速 | 調査日数 | 胞子が採集された日数 | 胞子の採集された平均高度 | 平均採集数(24×18mm) |
|----|------|------|------------|--------------|----------------|
| 晴 | 弱風※ | 27日 | 5日 | 10cm | 2 |
| 晴 | 強風※※ | 5 | 5 | 50 | 6 |
| 雨 | | 9 | 9 | 16 | 6 |

注：※ 日平均2.0m/s以下(高度2m)
※※ 日平均2.1m/s以上(高度2m)

この表からわかるように、採集される日数、採集数は雨天晴天の風の強い日に多く、採集高度は晴天強風の場合に高く、ついで雨天の場合であった。このことから、胞子を高位置に飛散させるものは、風と雨のように考え

られる。

III 胞子による感染

稲体付着胞子の発芽、発病に対する水、湿度の影響、出穂後の発病時期について知るために実験した。

1 胞子の発芽と水との関係 胞子の発芽について水滴が必要かどうか知るために、発芽床をスライドとしてその上に胞子をおき、大型シャーレに入れ次の4区を作った。①スライド上に水滴をおいた区、②湿度100%とし、スライド面に露を形成させない区、③湿度100%とし、スライド面に水滴の形成をさせない区、④湿度を硫酸によって98%とした区。このようにした結果、発芽率は①区では76%、②区では7%、③と④区では0%で、水滴内では発芽が非常によいが、たとえ湿度が100%であっても胞子に水滴が接していない場合は発芽しなかった。②区において僅かに発芽しているが、これは僅かに形成された水滴に接触している胞子が発芽しているためである。

水滴が胞子の発芽前、あるいは発芽後に乾燥してしまい、その後再び水滴が付着した場合に、その後の胞子の発芽はどうなるかについて実験した。実験方法は胞子を水滴内に30、120、240、480分間懸濁し、その後4、12時間通風乾燥（湿度47%）し、再び8時間水滴に懸濁した場合の発芽率と発芽管長を測定した。その結果、懸濁時間が僅か30分でも、その後の乾燥によって発芽率は、無乾燥区の83~87%にくらべて4~14%と非常に減少した。また、240分以上懸濁すると、胞子は発芽するが、発芽した胞子の水滴乾燥による生死のいかんを発芽管長伸長の有無により調査した。この場合も未発芽胞子の場合と同様に、発芽管の伸長は無乾燥区9.7~11.0μに対し、懸濁240分後乾燥区は1.0~1.2μ、懸濁480分後乾燥区で4.0μで、一度水滴が乾燥することによって発芽管の伸長はほとんど認められず胞子は死滅するようである。

水滴の乾燥方法によって胞子の生死が変わってくることはないか、即ち乾燥後高湿度下におかれた場合には死滅することはないのではないかと考えられたので、胞子の懸濁時間を10、30、120、240、480分の5区を作り、各々についてその後の乾燥を4時間行なった。この乾燥方法は最初通風乾燥（湿度47%）し、残りの時間は100%湿度の大型シャーレ内においた。この通風乾燥と多湿室内保持時間の組合せは第5表に示すとおりである。

乾燥後は再び水滴に胞子を懸濁させ、発芽率あるいは発芽管長の伸長で生死を調べた。懸濁時間は10時間である。得られた結果は第5表に示すとおりである。

この表からわかるように、水滴内懸濁時間が10分間の

第5表 乾燥方法と発芽率の変動

| 水滴内懸濁時間 (分) | 乾燥方法と時間 (分) | | 発芽率または発芽管長 |
|-------------|-------------|-----|------------|
| | 通風 | 多湿 | |
| 10 | 10 | 230 | 83% |
| | 30 | 210 | 85% |
| | 60 | 180 | 60% |
| | 120 | 120 | 7% |
| | 240 | 0 | 8% |
| | 0 | 0 | 92% |
| 30 | 10 | 230 | 81% |
| | 30 | 210 | 9% |
| | 60 | 180 | 11% |
| | 120 | 120 | 0% |
| | 240 | 0 | 2% |
| | 0 | 0 | 91% |
| 120 | 10 | 230 | 18% |
| | 30 | 210 | 4% |
| | 60 | 180 | 2% |
| | 120 | 120 | 3% |
| | 240 | 0 | 3% |
| | 0 | 0 | 87% |
| 240 | 10 | 230 | 2.6 μ |
| | 240 | 0 | 2.5 μ |
| | 0 | 0 | ※2.4 μ |
| | 0 | 0 | ※※10.0 μ |
| 480 | 10 | 230 | 7.0 μ |
| | 240 | 0 | 7.0 μ |
| | 0 | 0 | ※6.6 μ |
| | 0 | 0 | ※※16.0 μ |

注：※乾燥初め時調査
※※12時間、16時間後調査

場合には通風乾燥時間30分までは発芽率が高く、120分から急激に減少している。水滴内懸濁時間が30分の場合には通風乾燥時間10分間の場合のみ発芽乾燥が高かった。水滴内懸濁時間が120分以上になると、通風乾燥時間がいくら短かくても発芽率は低く、胞子は死滅してしまう。

2 接種水滴の存在時間と発病 接種後懸濁水滴の存在時間と発病との関係を知るために、出穂後15日の穂と出穂後25日の穂に噴霧接種した。接種温度は26°Cで、ビニール箱内を湿室とし、その中に6、15、24、48、72時間保った。調査は接種14日後にミゴの発病率について行なった。その結果、出穂後15日接種時間が15時間以内では発病は認められず、24時間で2%、48時間で12%、72時間で47%であった。出穂後25日接種では6時間以内では発病がなく、15時間で2%、24時間で18%、48時間で72%、72時間で98%であった。この結果から、出穂からの日数が多いほど、水滴の存在時間が短かくても発病がみられる。水滴存在時間は出穂15日後では72時間、出穂25日後では48時間あるとかなりの発病が認められる。

では、接種水滴が接種途中で一度乾燥し、再び水滴が

着いた場合に発病はどうか、出穂期のハウネンワセを止葉をつけて第1節下から切穂し、バットに横たえ、これに孢子を噴霧接種し、25°C 湿室に所定時間放置した。湿室内時間は3, 6, 9, 12, 18時間とし、この各時間後に水滴を乾燥させた。この乾燥時間は6時間である。その後再び水を噴霧して表面に水滴を形成させ、24時間湿室に保った。対照区は乾燥させることなく継続湿室内に24時間保った。このようにして得られた結果は第6表に示すとおりである。

第6表 接種水滴の乾燥と発病

| 接種水滴の存在時間 | 乾燥時間 | 発病率 |
|-----------|------|-----|
| 3 時間 | 6時間 | 0% |
| | 0 | 56 |
| 6 | 6 | 0 |
| | 0 | 81 |
| 9 | 6 | 0 |
| | 0 | 87 |
| 12 | 6 | 12 |
| | 0 | 87 |
| 18 | 6 | 25 |
| | 0 | 93 |
| 無 接 種 | | 0 |

この表からわかるように、接種時間9時間以内では水滴の乾燥によって、その後再び水滴を付着させても発病が認められない。12時間以上の接種時間区では、少数ではあるが発病が認められる。これは水滴乾燥以前に既に侵入していたものと思われる。

3 発病時期 穂枯れ症は出穂後いつ頃から発生するものか出穂期から1週間ごとに調査した。その結果、出穂28日になって発病が認められた。このときの発病ミゴ率は3%で、35日後調査で14%、40日後調査で35%、45日後調査で45%であった。このように出穂後35日から急激に増加し、かなり後期になって発生してくるものようである。そこで感染時期を一定にし、発病の時期を正しく知ろうと、ポット栽培の穂に出穂期より5日ごとに孢子を噴霧接種し、湿室に24時間保った後にとりだした。発病調査は接種10日後と45日後の2回行なった。得られた結果は第7表に示すとおりである。

この表からわかるように、接種10日後調査においては、出穂15日後接種のものから発病が認められ、20日後接種から発病が急増している。一方接種45日後調査では、発病率は低いが出穂期から発病が認められ、出穂15日後接種から急増している。この結果から、感染発病は出穂後遅くなるほど容易となるように思われる。

第7表 出穂後日数と接種による発病率

| 接 種 時 期 | 発 病 率 | |
|-----------|----------|----------|
| | 接種10日後調査 | 接種45日後調査 |
| 出 穂 期 | 0% | 16% |
| 出 穂 5 日 後 | 0 | 30 |
| 10 日 | 0 | 27 |
| 15 日 | 4 | 69 |
| 20 日 | 54 | 83 |
| 25 日 | 100 | 100 |
| 30 日 | 100 | 100 |
| 無 接 種 | 0 | 0 |

IV 考 察

穂部が小黒菌核病菌に侵されることは、確実であるが、穂の高い位置を考慮すると、水際葉鞘のように菌核が伝染源になるとは考えられない。そのため伝染源はどこにあるか、あるいは何かということに興味があり、十分に明らかにしなければならない。茨木は孢子をミゴに接種し、その病原力のあることから、孢子は伝染源になり得ることを報告している。著者らは本試験において、想定される伝染源について稲の全生育期間にわたり、調査してきたが、菌核は高位置まで飛散しないことから伝染源とはなりにくく、葉鞘、葉に形成された孢子は高位飛散の可能性があり、また水面に7月中旬以降かなりの数が形成されていることから伝染源となることが予想された。このような孢子の高位飛散をおこさせる気象要因は風と雨であることが推定された。一方止葉葉鞘では菌の潜伏期間が短かく、かなり容易に発病する。茨木は孢子により直接ミゴが発病する以外に止葉葉鞘が発病し、それからミゴに発病する経路もあるように報告しているが、著者らの自然下の観察からすると、止葉葉鞘や葉の病斑の発生時期はミゴとはほぼ同一時期であること、止葉葉鞘に病斑がなくてもミゴが発病していたり、逆に止葉葉鞘が発病していてもミゴが発病していない場合があることなどからして、少なくとも早期段階における直接の接触感染は少いと思われた。またミゴの発病部位を葉節部との位置関係から調査した結果では、葉節に接する部位に発病する場合がかなりあった。これはこの部位に水滴がたまりやすく、乾燥しにくいことに原因しているのではないかと思われた。

ミゴの発病は自然下では多雨時に増大することが観察されているが、発病には接種懸濁水滴の存在時間が長いほど好条件で、存在時間が24時間以内では発病が少い。そして接種懸濁水滴は菌の侵入前に乾燥してしまうと、その後再び水滴を付けても発病はしてこないの、発病には水滴の継続存在時間の長いことが必要である。この原因の一つは、孢子の発芽に水滴が必要であり、孢子が

一度水滴に接触すると、その後の水滴の乾燥によって死滅してしまうためである。水滴の乾燥中の条件についてみると、高湿度下で保存した場合には死滅をまぬかれるが、これも水滴接触時間の非常に短い場合のみであり、自然下における胞子の寿命は、鈴木によるいもち病菌、桂によるごま葉枯病菌などと同様にかなり短いものようである。

穂部へ小黑菌核病菌を接種し発病を時期別に調べてみると、籾の発病は出穂期がもっとも激しく、出穂後日が経つと少なくなった。しかし、ミゴではこれとは逆に、接種の場合、出穂後15日、自然発病で出穂28日後に発病が認められ、出穂後日数の経るにしたがい発病が増加する。このことは、同じ *Helminthosporium* 属菌である稲ごま葉枯病菌についての藤井ら⁸⁾、木谷ら⁵⁾の接種結果と似た発病傾向を示している。一方茨木は接種実験で小黑菌核病菌は出穂後いずれの時期でも発病するが、もっとも感受性の高まる時期は出穂19日後であると報告し、著者らの結果とは必ずしも一致していない。これは本菌が稲の比較的老衰した、秋落ち状態下で発病を激しくする性質をもっていることから、耕種条件差が接種結果の違いをもたらしたものと考えられる。なお、著者らのこの実験において、接種10日後調査においては出穂10日後より前に接種した区で発病を認めなかったが、接種45日後調査では発病が認められた。また出穂15日以後接種区においても、接種45日後調査で発病率の増加が認められた。これらの原因についてはなお追究中である。

V 摘 要

1 稲体の部位別発病を時期別に調査した結果、下葉など水面に接する部位では水際葉鞘と同時期に発病が認められるが、上位葉鞘・葉・ミゴなどは出穂25日後の後期にはじめて発病が認められる。

2 ミゴの発病時期、発病部位を調査した結果、止葉葉鞘の病斑からミゴへの接触伝染は少いと思われた。

3 胞子は灌漑水面に浮く菌核上で形成され、また水際葉鞘の病斑上にも形成される。これらの胞子は風や雨によって上方に飛散し、上位の葉鞘・葉・ミゴの伝染源となり得る。

4 胞子の発芽には水が必要であり、一度水に接した胞子はその水の乾燥によって死滅する。そのため感染には侵入まで水滴乾燥のないことが必要である。

5 ミゴの自然発病時期は出穂28日後頃からであったが、接種すると出穂15日後から発病する。そして稲は出穂後日数の経つほど感受性が高まる。

参 考 文 献

- 1) 茨木忠雄 (1970) : イネ小粒菌核病菌分生胞子によるミゴ発病について、日植病報, 36 : 161.
- 2) ——— (1971) : イネ小粒菌核病の晩期感染——接種時期とミゴ発病 (講要) 日植病報37 : 164.
- 3) 内海 繁 (1952) : 変色穂首に就いて (第3報) 首分離試験, 新潟農試速報, 13 : 11~14. 4) 桂 琦一 (1937) : 稲胡麻葉枯病菌の寄主体侵入及び分生胞子の発芽と空気湿度との関係に就きて。日植病報7 : 105~124.
- 5) 木谷清美・大畑貫一・久保千冬 (1971) : ごま葉枯病に対するイネの感受性の変化と生理 (講要) 日植病報37 : 163. 6) 鈴木穂積 (1969) : いもち菌胞子の動態およびそれによる発生子察法, 北陸農試報, 10 : 1—118. 7) ———・山口富夫 (1970) : 稲穂枯れ症穂くびからの分離菌とその発生生態および被害, 北陸病虫研報, 18 : 1—8. 8) 藤井博・堀野修・渡辺康正 (1969) : ごま葉枯病菌による穂枯れ発生機構, とくに枝梗の発病と病菌の侵入経路について (講要) 日植病報, 35 : 101.